

# SPIS TREŚCI

Przedmowa .....	11
Podstawowe określenia .....	13
Podstawowe oznaczenia .....	18
1. WSTĘP .....	23
1.1. Wprowadzenie .....	23
1.2. Energia w obiektach budowlanych .....	24
1.3. Obszary wpływu na zużycie energii pierwotnej .....	26
1.4. Przedmiot i zakres pracy .....	29
2. CHARAKTERYSTYKA ZUŻYCIA ENERGII W ISTNIEJĄCYCH OBIEKTACH BUDOWLANYCH .....	30
2.1. Znaczenie transformacji gospodarczej po 1989 roku .....	30
2.2. Charakterystyka budynków i systemów ogrzewania .....	32
2.3. Ocena energetyczna zasobów budowlanych .....	45
2.3.1. Energochłonność eksploatacyjna .....	45
2.3.2. Możliwości poprawy efektywności energetycznej w Polsce .....	48
2.4. Energochłonność budynków w pełnym cyklu istnienia .....	49
3. BILANS ENERGII BUDYNKU I PODSTAWOWE REGULACJE PRAWNE .....	52
3.1. Bilans energii budynku .....	52
3.1.1. Rzeczywiste strumienie energii w budynku .....	52
3.1.2. Bilans rozpatrywany w tradycyjnych analizach zużycia energii .....	54
3.2. Podstawy prawne i normy z zakresu użytkowania energii .....	58
3.2.1. Podstawowe krajowe regulacje prawne .....	58
3.2.2. Określanie zapotrzebowania na energię do ogrzewania budynku .....	61
3.2.3. Uproszczony sposób obliczania sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania .....	64
3.3. Inne wymagania związane ze zużyciem energii .....	66
3.3.1. Warunki klimatyczne .....	66
3.3.2. Temperatura wewnętrzna pomieszczeń .....	68
3.3.3. Graniczne wartości wskaźnika zużycia energii pierwotnej .....	70
3.3.4. Graniczne wartości współczynnika przenikania ciepła .....	72
3.3.5. Wymagania w zakresie powierzchni okien i właściwości szyb .....	76
3.3.6. Wymagania w zakresie szczelności na przenikanie powietrza .....	78

3.4.	Świadectwa charakterystyki energetycznej budynków .....	79
3.4.1.	Podstawy prawne i wymagania .....	79
3.4.2.	Polskie regulacje wprowadzające wymagania dyrektywy europejskiej .....	80
3.4.3.	Modyfikacja zakresu i formy projektu budowlanego .....	81
3.4.4.	Określanie charakterystyki energetycznej budynku lub lokalu mieszkalnego ...	82
4.	DZIAŁALNOŚĆ GOSPODARCZA A ZUŻYCIE ENERGII I OBCIĄŻENIE ŚRODOWISKA .....	91
4.1.	Obiekt budowlany w systemie gospodarczym kraju .....	91
4.2.	System energetyczny kraju .....	94
4.3.	Wpływ działalności gospodarczej na środowisko .....	96
4.3.1.	Wprowadzane obciążenia środowiskowe .....	96
4.3.2.	Skutki w środowisku .....	99
4.4.	Określanie zużycia energii pierwotnej dla wyrobów i nośników energii .....	109
4.4.1.	Potrzeba określania zużycia energii pierwotnej .....	109
4.4.2.	Skumulowane zużycie energii .....	109
4.4.3.	Skumulowane obciążenie środowiska .....	113
4.4.4.	Nakład nieodnawialnej energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie nośnika energii do miejsca wykorzystania .....	114
4.4.5.	Skumulowana sprawność energetyczna pozyskania i dostarczenia nośnika energii do miejsca wykorzystania .....	116
4.4.6.	Określanie sprawności użytkowej energii bezpośredniej dostarczonej do budynku .....	118
4.4.7.	Zasady obliczania zużycia energii pierwotnej w miejscu wykorzystania .....	120
4.5.	Analiza energetyczna i energetyczno-ekologiczna .....	123
4.6.	Możliwości poprawy charakterystyki energetyczno-ekologicznej przetworzonych nośników energii .....	130
4.6.1.	Charakterystyka energetyczno-ekologiczna nośników energii .....	130
4.6.2.	Możliwości wpływu na charakterystykę energetyczno-ekologiczną nośników energii .....	132
4.6.3.	Zwiększenie sprawności obecnych technologii energetycznych .....	133
4.6.4.	Zwiększenie udziału skojarzonego wytwarzania ciepła i energii elektrycznej ..	134
4.6.5.	Poprawa wskaźników ekologicznych obecnych technologii .....	134
4.6.6.	Wprowadzanie nowych technologii energetycznych .....	136
4.6.7.	Zwiększenie wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych .....	137
4.6.8.	Udział energetyki jądrowej .....	138
5.	ANALIZA ZUŻYCIA ENERGII PIERWOTNEJ W PEŁNYM CYKLU ISTNIENIA OBIEKTU BUDOWLANEGO .....	140
5.1.	Wprowadzenie .....	140
5.2.	Przekształcenia obiektu budowlanego w cyklu istnienia .....	141
5.3.	Wpływ rozwiązań urbanistycznych i architektonicznych .....	142
5.4.	Możliwości wpływu na zużycie energii w fazie projektowania .....	144
5.4.1.	Czynniki proekologicznego oddziaływania .....	144
5.4.2.	Wybór rodzaju nośników energii bezpośredniej .....	147
5.4.3.	Maksymalne zapotrzebowanie na nośniki energii bezpośredniej .....	147
5.4.4.	Możliwości wpływu na zużycie materiałów, wyrobów i nośników energii .....	148
5.4.5.	Zużycie energii na wytworzenie i dostarczenie nośników energii podczas użytkowania .....	149
5.5.	Możliwości wpływu na zużycie energii w fazie wznoszenia .....	154

5.6.	Możliwości wpływu na zużycie energii w fazie użytkowania .....	156
5.6.1.	Czynniki uwzględniane w fazie użytkowania .....	156
5.6.2.	Wpływ trwałości wyrobów budowlanych i budynku .....	157
5.6.3.	Rola systemu eksploatacji w zużyciu zasobów i oddziaływaniu na środowisko .....	160
5.6.4.	Możliwości oddziaływania na zużycie materiałów i wyrobów .....	162
5.7.	Możliwości wpływu na zużycie energii w fazie likwidacji .....	163
5.8.	Możliwości wpływu na zużycie energii przez racjonalizację wyrobów budowlanych .....	166
5.8.1.	Działania w cyklu istnienia .....	166
5.8.2.	Projektowanie wyrobów .....	167
5.8.3.	Wytwarzanie wyrobów .....	167
5.8.4.	Eksploatacja wyrobów .....	169
5.8.5.	Likwidacja i użytkowe przetwarzanie wyrobów .....	170
5.8.6.	Racjonalna gospodarka odpadami i zasobami użytkowymi .....	171
5.9.	Doskonalenie praktyki działalności gospodarczej .....	172
5.10.	Projektowanie proekologiczne i rozwój dotyczący wyrobów i obiektów .....	173
6.	<b>OKREŚLANIE ŻUŻYCIA ENERGII PIERWOTNEJ W OBIEKTACH BUDOWLANYCH</b> .....	176
6.1.	Sformułowanie problemu .....	176
6.1.1.	System obiektu budowlanego SOB .....	176
6.1.2.	Granice systemu .....	178
6.1.3.	Otoczenie systemu .....	178
6.2.	Zużycie energii pierwotnej w cyklu istnienia obiektu .....	179
6.2.1.	Obiekt budowlany jako podsystem w systemie SOB .....	179
6.2.2.	Składniki zużycia energii pierwotnej w cyklu istnienia obiektu .....	181
6.2.3.	Zużycie energii w fazie wznoszenia .....	184
6.2.4.	Zużycie energii w fazie użytkowania .....	185
6.2.5.	Zużycie energii podczas wykonywania zabiegów eksploatacyjnych .....	187
6.2.6.	Zużycie energii w fazie likwidacji .....	188
6.2.7.	Zużycie energii w pełnym cyklu istnienia obiektu .....	189
6.3.	Analiza skumulowanego zużycia energii pierwotnej .....	189
6.4.	Analiza zużycia energii na wytworzenie przegrody budowlanej .....	193
6.4.1.	Cel i zakres analizy .....	193
6.4.2.	Opis techniczny analizowanych rozwiązań przegrody .....	193
6.4.3.	Określanie zużycia energii i uzyskane wyniki .....	196
6.5.	Analiza zużycia energii przy termomodernizacji przegrody zewnętrznej .....	198
6.6.	Przykład określania zużycia energii pierwotnej dla pełnego cyklu istnienia budynku .....	202
6.6.1.	Opis techniczny budynku .....	202
6.6.2.	Przebieg procesów budowlanych w pełnym cyklu istnienia budynku .....	204
6.6.3.	Określanie zużycia energii pierwotnej .....	206
7.	<b>BUDYNEK I WYPOSAŻENIE TECHNICZNE</b> .....	214
7.1.	Przedmiot analizy .....	214
7.2.	Przegrody zewnętrzne budynku .....	215
7.2.1.	Rozwiązania stosowane w budynkach nowych .....	215
7.2.2.	Okna w budynkach .....	215

7.3.	Systemy ogrzewania .....	216
7.3.1.	Uwagi o komforcie cieplnym pomieszczeń .....	216
7.3.2.	Rodzaje systemów ogrzewania .....	217
7.3.3.	Regulacja dostarczania ciepła do ogrzewania .....	223
7.3.4.	Sprawność energetyczna systemu ogrzewania .....	226
7.3.5.	Możliwości racjonalizacji .....	228
7.4.	Systemy przygotowania ciepłej wody użytkowej .....	230
7.4.1.	Przebieg zużycia ciepłej wody użytkowej .....	230
7.4.2.	Sposoby zasilania .....	231
7.4.3.	Sprawność systemu przygotowania c.w.u. ....	233
7.4.4.	Możliwości racjonalizacji .....	236
7.5.	Systemy wentylacji i klimatyzacji .....	236
7.5.1.	Wentylacja w budynkach .....	236
7.5.2.	Możliwości zmniejszenia zużycia energii .....	242
7.6.	Instalacje i urządzenia elektryczne .....	245
7.6.1.	Energia elektryczna w budynkach .....	245
7.6.2.	Urządzenia oświetleniowe .....	246
7.6.3.	Odbiorniki siłowe .....	248
7.6.4.	Możliwości racjonalizacji .....	249
7.7.	Instalacje wodno-kanalizacyjne i użytkowanie wody .....	250
7.7.1.	Woda i jej funkcje w budynkach .....	250
7.7.2.	Straty wody w sieciach i instalacjach .....	252
7.7.3.	Straty wody w systemach grzewczych i ciepłowniczych .....	252
7.7.4.	Możliwości racjonalizacji .....	254
8.	WYTWARZANIE I PRZESYŁANIE CIEPŁA .....	256
8.1.	Zapotrzebowanie na ciepło w obiektach budowlanych .....	256
8.2.	Paliwa i nośniki ciepła .....	262
8.3.	Urządzenia wytwórcze ciepła .....	265
8.3.1.	Informacje ogólne .....	265
8.3.2.	Zasilanie w paliwo i paleniska .....	266
8.3.3.	Wyposażenie kotłów .....	268
8.3.4.	Sprawność przemiany energetycznej w kotłach .....	270
8.3.5.	Standardy techniczne .....	271
8.3.6.	Możliwości zmniejszenia zużycia energii .....	273
8.4.	Zasilanie obiektów w ciepło z ciepłowni .....	275
8.4.1.	Układy funkcjonowania ciepłowni .....	275
8.4.2.	Czynniki uwzględniane przy doborze kotłów małej mocy .....	281
8.4.3.	Średnia sprawność i zużycie energii pierwotnej .....	283
8.5.	Zasilanie obiektów w ciepło z elektrociepłowni .....	285
8.5.1.	Skojarzone i rozdzielone wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej .....	285
8.5.2.	Elektrociepłownie tradycyjne .....	287
8.5.3.	Elektrociepłownie gazowo-parowe .....	289
8.5.4.	Elektrociepłownie z tłokowymi silnikami spalinowymi .....	290
8.5.5.	Zmniejszenie zużycia energii jako wynik gospodarki skojarzonej .....	291
8.6.	Sieć ciepłownicza .....	294
8.6.1.	Funkcje sieci ciepłych .....	294
8.6.2.	Układy sieci ciepłych .....	295
8.6.3.	Regulacja dostarczania ciepła .....	298
8.6.4.	Izolacja przewodów sieci ciepłej .....	300
8.6.5.	Straty energii w sieciach ciepłych .....	304
8.7.	Węzły ciepłe .....	306

9.	WYKORZYSTANIE ENERGII ODNAWIALNEJ W OBIEKTACH BUDOWLANYCH ..	311
9.1.	Wprowadzenie .....	311
9.2.	Dążenie do zwiększenia wykorzystania energii odnawialnej .....	312
9.3.	Wykorzystanie energii słonecznej .....	313
9.3.1.	Sposoby wykorzystania energii słonecznej .....	313
9.3.2.	Aktywne systemy wykorzystania energii słonecznej .....	315
9.3.3.	Bierne wykorzystanie energii słonecznej .....	321
9.3.4.	Systemy fotowoltaiczne zintegrowane z budynkiem .....	325
9.3.5.	Skutki wykorzystania energii słonecznej dla środowiska .....	327
9.4.	Energetyczne wykorzystanie biomasy i biopaliw .....	328
9.4.1.	Pochodzenie i klasyfikacja .....	328
9.4.2.	Charakterystyka energetyczna biopaliw .....	330
9.4.3.	Wykorzystanie energetyczne .....	336
9.4.4.	Ekologiczne skutki energetycznego wykorzystania biomasy .....	337
9.4.5.	Wykorzystanie biopaliw gazowych .....	338
9.5.	Wykorzystanie energii ze źródeł geotermalnych .....	339
9.5.1.	Energia wód geotermalnych .....	339
9.5.2.	Ciepłownicze wykorzystanie wód geotermalnych .....	341
9.6.	Niektóre aspekty oddziaływania na środowisko .....	344
10.	PROBLEMY TERMOMODERNIZACJI ISTNIEJĄCYCH OBIEKTÓW BUDOWLAN- NYCH .....	348
10.1.	Wprowadzenie .....	348
10.2.	Podstawowe zasady stosowane w realizacji przedsięwzięć termomodernizacyjnych	349
10.3.	Rodzaje usprawnień termomodernizacyjnych .....	351
10.4.	Efekty uzyskiwane w wyniku termomodernizacji .....	354
10.5.	Sposoby termomodernizacji przegród budowlanych .....	357
10.5.1.	Zwiększenie izolacyjności cieplnej przegród budowlanych .....	357
10.5.2.	Przegrody zewnętrzne w obiektach przemysłowych .....	362
10.6.	Usprawnienia termomodernizacyjne instalacji budowlanych .....	363
10.6.1.	Obszary usprawnienia w instalacjach budowlanych .....	363
10.6.2.	Usprawnienie systemu centralnego ogrzewania .....	364
10.6.3.	Usprawnienie systemu wentylacji w budynkach mieszkalnych .....	366
10.6.4.	Usprawnienie systemu zaopatrzenia w ciepłą wodę użytkową .....	367
10.6.5.	Usprawnienie systemów ogrzewania i wentylacji w obiektach przemysłowych i użyteczności publicznej .....	368
10.7.	Stosowanie układów zarządzania eksploatacją systemów zużywających energię ....	370
10.7.1.	Instalacje o złożonej strukturze energetycznej .....	370
10.7.2.	Systemy nadzoru i zarządzania eksploatacją .....	372
10.7.3.	Możliwości zmniejszenia zużycia energii na napędy .....	373
10.8.	Wspieranie przedsięwzięć termomodernizacyjnych i remontów .....	374
11.	WYBRANE ENERGOOSZCZĘDNE TECHNIKI DLA OBIEKTÓW BUDOWLAN- NYCH .....	377
11.1.	Wykorzystanie energii odpadowej .....	377
11.1.1.	Rodzaje energii odpadowej .....	377
11.1.2.	Sposoby wykorzystania niskotemperaturowej energii odpadowej .....	378
11.1.3.	Niskotemperaturowe przeponowe wymienniki ciepła .....	380
11.1.4.	Regeneracyjne wymienniki ciepła .....	382

11.1.5.	Wymienniki ciepła z czynnikiem pośredniczącym .....	383
11.1.6.	Rury ciepłne .....	384
11.1.7.	Pompy ciepła .....	386
11.1.8.	Zanurzeniowy wymiennik ciepła .....	387
11.2.	Oszczędne użytkowanie energii elektrycznej w napędach .....	388
11.2.1.	Przekształtniki energoelektryczne i ich funkcje .....	388
11.2.2.	Zastosowanie urządzeń energoelektrycznych w obiektach budowlanych .....	389
11.2.3.	Efekty regulacji parametrów wejściowych napędu .....	391
11.2.4.	Przykład racjonalizacji napędu pompy wirowej .....	391
11.3.	Technika kondensacyjna w kotłach grzewczych .....	393
11.3.1.	Zasada techniki kondensacyjnej .....	393
11.3.2.	Kotły kondensacyjne .....	395
11.3.3.	Charakterystyka kotła kondensacyjnego .....	400
11.4.	Pompy ciepła .....	402
11.4.1.	Zasada działania .....	402
11.4.2.	Zmniejszenie zużycia energii pierwotnej .....	404
11.4.3.	Zastosowania w obiektach budowlanych .....	406
11.5.	Rozwiązania energooszczędne w budynkach pasywnych .....	407
11.5.1.	Koncepcja budynku pasywnego .....	407
11.5.2.	Wielkości charakteryzujące budynki pasywne .....	409
11.5.3.	Instalacje w budynkach pasywnych .....	411
11.5.4.	Charakterystyka energetyczna budynku pasywnego .....	413
11.6.	Skojarzone wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej dla obiektów budowlanych ...	415
11.6.1.	Układy skojarzone małej mocy .....	415
11.6.2.	Zastosowanie układów skojarzonych małej mocy .....	416
11.6.3.	Układy skojarzone z silnikami tłokowymi .....	418
11.6.4.	Układy skojarzone z mikroturbiną gazową .....	419
11.6.5.	Układy skojarzone z wykorzystaniem ogniw paliwowych .....	420
11.6.6.	Układy trójgeneracyjne w obiektach budowlanych .....	423
DODATEK .....		426
Bibliografia .....		430